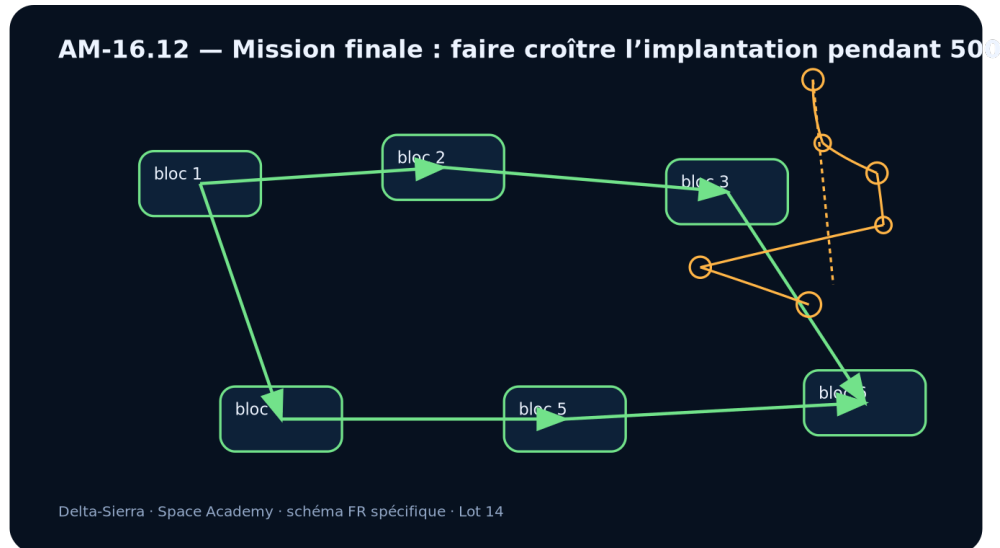


# Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes

## Question directrice

Concret → interfaces → mesure → calcul → panne → récupération.



## 1 — Brief de mission

Construire un plan de croissance qui ferme masse, énergie, maintenance, logistique, humain et sécurité. Cette mission finale oblige à utiliser plusieurs modules à la fois. Une réponse n'est considérée complète que si elle ferme les budgets physiques, décrit les capteurs et les actions, conserve une marge, prévoit une panne crédible et explique ce qui est demandé à l'équipage. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes ».

## 2 — Carte du système

On commence par dessiner les flux de masse, énergie, information et autorité. Une flèche sans unité ou sans responsable est considérée incomplète. Cette carte sert ensuite à repérer les dépendances communes et les interfaces qui peuvent propager une panne. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes ».

Une implantation de 500 sols doit être pilotée comme un portefeuille de capacités et non comme une liste de constructions. L'énergie, l'eau, les volumes pressurisés, la maintenance, la mobilité et les rechanges doivent croître dans un ordre compatible. Ajouter un habitat sans augmenter certaines utilités peut réduire la résilience globale. L'élève construit donc une carte de capacité par campagne et identifie les ressources qui deviennent goulets d'étranglement lorsque la population ou la production augmente.

### Équation - preuve - décision

$$\text{capacité\_finale} = \text{capacité\_initiale} + \text{ajouts} - \text{indisponibilités}$$

Panne à tester : Vérifiez air, eau, thermique, radiation, nourriture, médecine et charge de travail uniquement lorsqu'ils sont pertinents pour cette mission. L'objectif est d'éviter le faux « tout va bien » d'un calcul technique qui oublierait le temps de sommeil, la capacité à enfiler un scaphandre ou la nécessité d'un second équipier pour une opération critique. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500

**Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes****3 — Données et hypothèses**

Les nombres fournis sont des données de scénario pédagogique. L'élève doit les recopier avec leurs unités, ajouter les hypothèses manquantes et marquer séparément ce qui vient d'une source NASA. Toute valeur qui change le verdict doit faire l'objet d'une analyse de sensibilité. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes ».

Les hypothèses de croissance sont testées sur plusieurs horizons. Traiter 70 000 kg de matière sur 500 sols n'indique pas que la chaîne industrielle peut fonctionner sans interruption. L'élève introduit maintenance, arrêts planifiés, pannes et variations de demande. Il distingue capacité nominale, capacité soutenable et capacité de secours. Un objectif de production qui utilise 100 % du matériel en permanence ne laisse aucune place à la récupération d'une anomalie.

**4 — Relation directrice**

La formule n'est qu'un point d'entrée. Elle doit être reliée à un budget, à une mesure disponible et à un seuil de décision. Si une unité ne se simplifie pas correctement, le calcul s'arrête avant d'utiliser une calculatrice. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes ».

**5 — Calculs de départ**

Puissance  $60 \text{ kW} + 35 \text{ kW} - 12 \text{ kW indisponibles} = 83 \text{ kW}$  Interpréter le résultat dans le budget global avant de prendre une décision.

Eau  $140 \text{ kg/j} \times 500 \text{ sols} = 70\,000 \text{ kg traités}$  Interpréter le résultat dans le budget global avant de prendre une décision.

Maintenance  $9 \text{ h/sem} \times 71 \text{ sem} \approx 639 \text{ h}$  Interpréter le résultat dans le budget global avant de prendre une décision.

**6 — Budget masse, énergie et temps**

Construisez trois tableaux séparés. Le budget de masse distingue structure, consommables, rechanges et marge. Le budget énergétique distingue puissance instantanée et énergie accumulée. Le budget temps inclut opérations, maintenance, repos et délais de communication. Une marge positive dans un tableau ne compense pas automatiquement un déficit dans un autre. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes ».

**Tableau opérationnel**

**Phénomènes / sections:** 3 — Données et hypothèses ; 4 — Relation directrice ; 5 — Calculs de départ

**Relation à relire:**  $\text{capacité\_finale} = \text{capacité\_initiale} + \text{ajouts} - \text{indisponibilités}$

**Décision attendue:** mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêt

**Contrôle avant de continuer**

Expliquez sans relire : 3 — Données et hypothèses ; 4 — Relation directrice ; 5 — Calculs de départ. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

**Mission finale : faire croître l’implantation pendant 500 sols malgré les pannes**

Le réseau énergétique de 83 kW après indisponibilité doit être rapproché des charges réellement prioritaires. L’élève construit des niveaux de service : survie, exploitation minimale, production normale et expansion. Une extension n’est lancée que si la base peut revenir au niveau précédent après une panne simple. Cette règle empêche une croissance qui consomme progressivement toutes les marges jusqu’au premier incident majeur.

**7 — Navigation, communications et connaissance d’état**

Indiquez quelles variables doivent être connues localement, lesquelles peuvent être reconstruites plus tard par la Terre et quelle précision est nécessaire pour chaque décision. Le délai radio impose que la mise en sécurité et le diagnostic initial puissent être réalisés sans attendre une réponse terrestre. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission finale : faire croître l’implantation pendant 500 sols malgré les pannes ».

La connaissance d’état à long terme repose sur les tendances de fiabilité. Nombre de pannes, temps moyen de réparation, consommation de rechanges, dérive des performances et anomalies récurrentes doivent influencer la campagne suivante. L’élève ne se contente donc pas d’un taux de disponibilité global : il cherche les sous-systèmes qui consomment disproportionnellement les heures équipage ou qui créent des causes communes entre plusieurs modules.

**8 — Survie et facteurs humains**

Vérifiez air, eau, thermique, radiation, nourriture, médecine et charge de travail uniquement lorsqu’ils sont pertinents pour cette mission. L’objectif est d’éviter le faux « tout va bien » d’un calcul technique qui oublierait le temps de sommeil, la capacité à enfiler un scaphandre ou la nécessité d’un second équipier pour une opération critique. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission finale : faire croître l’implantation pendant 500 sols malgré les pannes ».

Le facteur humain évolue avec la taille de l’implantation. Davantage d’équipements signifie davantage de procédures, de responsabilités et de décisions de configuration. Le plan de croissance doit prévoir formation croisée, relèves, temps de maintenance et autorité de changement. Une base plus grande mais comprise par seulement une personne experte sur chaque système peut être moins résiliente qu’une base plus petite avec compétences distribuées.

**9 — Incident injecté propre à la mission**

**Tableau opérationnel**

|                               |                                                                                                                                   |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Phénomènes / sections:</b> | 7 — Navigation, communications et connaissance d’état ; 8 — Survie et facteurs humains ; 9 — Incident injecté propre à la mission |
| <b>Relation à relire:</b>     | $capacité\_finale = capacité\_initiale + ajouts - indisponibilités$                                                               |
| <b>Décision attendue:</b>     | mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêté                                                                |

**Contrôle avant de continuer**

Expliquez sans relire : 7 — Navigation, communications et connaissance d’état ; 8 — Survie et facteurs humains ; 9 — Incident injecté propre à la mission. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

**Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes**

Au sol 320, deux actifs majeurs deviennent simultanément indisponibles alors qu'une extension d'habitat est en cours : le plan de croissance doit être rebaselé sans dégrader les réserves de survie ni la capacité de maintenance. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes ».

Pour AM-16.12, la réponse doit montrer quelles grandeurs de « Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes » sont recalculées, quelles hypothèses cessent d'être valides et quelle action est réversible avant de consommer une réserve irréversible.

Au sol 320, deux actifs majeurs deviennent indisponibles pendant une extension. L'élève gèle les changements non indispensables, reconstitue les capacités réellement restantes et décide s'il faut terminer, sécuriser ou abandonner provisoirement le chantier. Les ressources déjà engagées ne justifient pas de poursuivre par effet de coût irrécupérable. La décision compare le risque de laisser l'extension incomplète au risque de consommer les dernières marges de la base existante.

**10 — Décision et justification**

Terminez par une décision explicite : poursuivre, retarder, reconfigurer, abandonner une activité ou passer en mode refuge. Citez les trois grandeurs qui commandent cette décision et la marge restante. Une conclusion sans critère numérique ou opérationnel est considérée comme une opinion, pas comme une décision d'ingénierie. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes ».

Le dossier final présente la base aux sols 0, 100, 250 et 500 avec les mêmes indicateurs : puissance ferme, eau, volume refuge, stocks critiques, capacité de maintenance, mobilité et anomalies ouvertes. Il ajoute un registre des décisions qui ont modifié l'architecture. L'objectif de la mission finale est de montrer qu'une colonie robuste n'est pas seulement plus grande : elle doit conserver des marges, des compétences et des chemins de récupération à mesure qu'elle grandit.

**Tableau opérationnel**

|                               |                                                                                                 |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Phénomènes / sections:</b> | ; 10 — Décision et justification                                                                |
| <b>Relation à relire:</b>     | $\text{capacité\_finale} = \text{capacité\_initiale} + \text{ajouts} - \text{indisponibilités}$ |
| <b>Décision attendue:</b>     | mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêt                               |

**Contrôle avant de continuer**

Expliquez sans relire : ; 10 — Décision et justification. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.

**Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes**

## 11 — Livrables attendus

## 12 — Barème de validation

40 % : cohérence des calculs et unités ; 20 % : traitement des interfaces ; 15 % : marges et mode dégradé ; 15 % : facteurs humains et procédure ; 10 % : qualité des sources et séparation entre données, hypothèses et scénarios. Pour cette mission, le critère est appliqué explicitement à « Mission finale : faire croître l'implantation pendant 500 sols malgré les pannes ».

## 13 — Sources de référence

### Sources primaires spécifiques

NASA — Systems Engineering Handbook - <https://www.nasa.gov/reference/systems-engineering-handbook/>

NASA NTRS — Current NASA Plans for Mars In-Situ Resource Utilization - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20180002086>

NASA-STD-8729.1A — Reliability and Maintainability Standard - <https://standards.nasa.gov/standard/NASA/NASA-STD-87291>

NASA — NASA Spaceflight Human-System Standard Volume 2 - <https://www.nasa.gov/reference/nasa-std-3001v2/>

NASA NTRS — Space Flight Resource Management for ISS Operations - <https://ntrs.nasa.gov/citations/20110010923>

### Tableau opérationnel

**Phénomènes / sections:** 11 — Livrables attendus ; 12 — Barème de validation ; 13 — Sources de référence

**Relation à relire:**  $\text{capacité\_finale} = \text{capacité\_initiale} + \text{ajouts} - \text{indisponibilités}$

**Décision attendue:** mesurer → comparer à la marge → choisir nominal, dégradé ou arrêt

### Contrôle avant de continuer

Expliquez sans relire : 11 — Livrables attendus ; 12 — Barème de validation ; 13 — Sources de référence. Donnez une grandeur mesurée, une marge et une décision possible.